

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-188852

(43)Date of publication of application : 23.07.1996

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/00

B21J 13/02

C22C 38/24

(21)Application number : 07-015527

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD
NIPPON KOSHUHA KOGYO KK

(22)Date of filing : 04.01.1995

(72)Inventor : YOKOMAKU TOSHINORI
KINEBUCHI MASAO
TAKEUCHI KOJI
HORI YOICHI
YAMASHITA HIROSHI
HAYASHIDA KEIICHI
KOTAKANE MASAACKI

(54) FORGING DIE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce a forging die reduced in manufacturing costs similarly to the conventional hot forging dies, capable of being produced under an excellent working environment as compared with these conventional dies, and excellent in durability.

CONSTITUTION: The forging die has a composition consisting of, by weight, 0.25-0.45% C, 0.05-0.6% Si, 0.2-0.8% Mn, 4.0-6.0% Cr, 1.0-3.0% Mo, 0.3-1.0% V, 0.005-0.040% Al, 0.001-0.004% S, and the balance Fe with inevitable impurities. Further, it is preferable to regulate hardness to HRC 41-45. Moreover, this forging die can be produced by subjecting a die to die sinking and then applying plastic working of $\leq 5\%$ equivalent total strain of surface to the round corner part of the die face of the die by using a pressure tool having a radius of curvature smaller than the radius of the corner.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Forging metal mold which contains C:0.25 thru/or 0.45 % of the weight, Si:0.05 thru/or 0.6 % of the weight, Mn:0.2 thru/or 0.8 % of the weight, Cr:4.0 thru/or 6.0 % of the weight, Mo:1.0 thru/or 3.0 % of the weight, V:0.3 thru/or 1.0 % of the weight, aluminum:0.005 thru/or 0.040 % of the weight, and S:0.001 thru/or 0.004 % of the weight, and is characterized by the remainders being Fe and an unescapable impurity.

[Claim 2] Forging metal mold according to claim 1 characterized by hardness being HRC41 thru/or 45.

[Claim 3] C:0.25 thru/or 0.45 % of the weight, Si:0.05 thru/or 0.6 % of the weight, Mn: 0.2 thru/or 0.8 % of the weight, Cr:4.0 thru/or 6.0 % of the weight, Mo:1.0 thru/or 3.0 % of the weight, The process which carries out form engraving of the metal mold which contains V:0.3 thru/or 1.0 % of the weight, aluminum:0.005 thru/or 0.040 % of the weight, and S:0.001 thru/or 0.004 % of the weight, and has the presentation whose remainders are Fe and an unescapable impurity, The manufacture approach of the forging metal mold characterized by having the process which performs plastic working to which surface total distortion becomes 5% or less from the corner radius at the corner section which has the radius of circle of the form engraving side of said metal mold using the application-of-pressure implement which has small radius of curvature.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Industrial Application] This invention relates to the forging metal mold excellent in suitable endurance to forge the aluminum components which carried out the complicated configuration used for an automobile or a household-electric-appliances device, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the automobile suspension components which are carrying out cold pressing shaping using sheet steel have come to be gradually manufactured from the demand of lightweight-izing using aluminum material. Although aluminum components are generally manufactured by casting which can be manufactured at one process from a cost side in many cases, a demand of the reinforcement of components and dependability may increase, and a casting defect may occur in a complicated geometry component, and it is recently manufactured by aluminum components more often with forging.

[0003] by the way, to the forging metal mold used in a forging process general JIS SKT4 (% [C:0.55] and Si: - 0.25%) as tool steel between heat Mn: 0.75%, nickel:1.7%, Cr:0.9%, Mo:0.4%, or SKD61 (% [C:0.4], Si:1.0%, Mn:0.4%, Cr:5.0%, Mo:1.3%, V:1.0%) is used. However, in forging of said aluminum component, since the configuration of components is complicated, in the so-called R section in which the radius of circle of the metal mold corner section on which big stress concentration acts was prepared, a fatigue crack cannot keep at an early stage as close, and sufficient endurance ability cannot be expected.

[0004] Then, the technique of attaining solid solution strengthening or carbide precipitation strengthening is proposed by adding elements, such as Mn, nickel, Cu, Mo, W, V, or Co, into an alloy, or increasing the quantity of this into it for the purpose of improvement in fatigue endurance. Moreover, to attain precipitation strengthening of detailed carbon nitride is also tried by adding trace elements, such as aluminum, Ti, Zr, or Nb, into an alloy.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with the former high alloy-ized technique, while a manufacturing cost rises, a large crack may occur about the metal mold on which the above big stress concentration acts by lowering of toughness, and it cannot necessarily be said as a desirable technique. Moreover, although it is easy to produce microsegregation and improvement is found about static reinforcement, such as hardness, as compared with improvement in static reinforcement, improvement is seldom found about fatigue strength.

[0006] On the other hand, about the precipitation-strengthening technique by addition of the latter trace element, they hardly contribute to improvement in fatigue strength by the increment in an oxide or nitride system inclusion that the origin of fatigue breaking is easy to come.

[0007] By the way, generally, since fatigue strength improves with lifting of hardness, in SKD61, it is used by hardening annealing as a comparatively hard tool whose degrees of hardness are HRC45 thru/or about 50. However, since lifting of a degree of hardness increases notch sensitivity, improvement in fatigue strength may not necessarily be obtained by existence of the stress raisers of the inclusion contained in an ingredient or metal mold. Therefore, although it is necessary to attain optimization of a degree of hardness while taking into consideration existence of the minute defect of metal mold and stress concentration, clear knowledge is not acquired at all about these points.

[0008] Moreover, although performing shot peening or shot blasting to a die face for improvement in the fatigue endurance of metal mold is often performed, there is a fault that a metal mold front face will be ruined with these processings, and a front face will be cut and dimensional accuracy will fall. Therefore, a manufacturing cost not only rises, but re-finish-machining of metal mold will be needed, and floor to floor time will start. Since dust is moreover generated, there is also a trouble that work environment will get worse.

[0009] It is made in view of this trouble, and this invention is conventional JIS. It aims at offering the forging metal mold whose endurance the manufacturing cost was low like the hot-forging metal mold of SKT4 or the product made from SKD61, was able to be manufactured under good work environment rather than this conventional hot-forging metal mold, and improved, and its manufacture approach.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The forging metal mold concerning this invention contains C:0.25 thru/or 0.45 % of the weight, Si:0.05 thru/or 0.6 % of the weight, Mn:0.2 thru/or 0.8 % of the weight, Cr:4.0 thru/or 6.0 % of

the weight, Mo:1.0 thru/or 3.0 % of the weight, V:0.3 thru/or 1.0 % of the weight, aluminum:0.005 thru/or 0.040 % of the weight, and S:0.001 thru/or 0.004 % of the weight, and is characterized by the remainders being Fe and an unescapable impurity. Moreover, it is desirable that hardness is HRC41 thru/or 45.

[0011] The manufacture approach of the forging metal mold concerning this invention C:0.25 thru/or 0.45 % of the weight, Si: 0.05 thru/or 0.6 % of the weight, Mn:0.2 thru/or 0.8 % of the weight, Cr: 4.0 thru/or 6.0 % of the weight, Mo:1.0 thru/or 3.0 % of the weight, V:0.3 thru/or 1.0 % of the weight, aluminum: The process which carries out form engraving of the metal mold which contains 0.005 thru/or 0.040 % of the weight, and S:0.001 thru/or 0.004 % of the weight, and has the presentation whose remainders are Fe and an unescapable impurity. It is characterized by having the process which performs plastic working to which surface total distortion becomes 5% or less from the corner radius at the corner section which has the radius of circle of the form engraving side of said metal mold using the application-of-pressure implement which has small radius of curvature.

[0012]

[Function] An invention-in-this-application person etc. is JIS. The ingredient target and dynamic factor which have had big effect on the fatigue endurance of the metal mold of SKT4 and the product made from SKD61 were examined in the detail. Consequently, since it had the endurance excellent in metal mold, the knowledge of it being most effective making the dimension of the minute inclusion contained in the steel of metal mold reduce as an ingredient first was carried out. And the alloy content which satisfies such conditions was found out.

[0013] Moreover, as heat treatment conditions, from examination of the detailed organization of metal mold, even if it was the case where inclusion existed even if, the knowledge of there being heat treatment hardness with small inclusion susceptibility that there is little influence of inclusion was carried out.

[0014] Furthermore, as processing conditions, the knowledge of the ability to give the both sides of work hardening which makes fatigue strength improve, and compressive residual stress to metal mold was carried out only to the stress raisers where a fatigue crack goes into metal mold by carrying out application-of-pressure processing.

[0015] As mentioned above, it is conventional JIS by there being the above property improvements about three side faces which raise the fatigue endurance of metal mold, i.e., an ingredient side, a heat treatment surface, and a processing side, and adopting any one of the properties of these, or two or more. The fatigue endurance of metal mold can be raised without bringing about lifting of a manufacturing cost as compared with the hot-forging metal mold of SKT4 or the product made from SKD61.

[0016] Next, the reason for component addition and the reason for presentation definition of forging metal mold concerning this invention are explained.

[0017] C (carbon):0.25 thru/or 0.45-% of the weight C are dissolving in martensite, it deposits as carbide by combining with other alloying elements, such as Mo, Cr, or V, and there is effectiveness which makes hardness of an alloy firmer. And in order to set hardness of an alloy to HRC41 thru/or 45, it is necessary to add C into an alloy 0.25% of the weight or more. On the other hand, if C is added exceeding 0.45 % of the weight, while toughness falls, a large crack may occur in the metal mold of a complicated configuration, and it will become easy to produce a crack at the time of welding remedy. Therefore, the content of C is made into 0.25 thru/or 0.45 % of the weight.

[0018] Si(silicon): Although it has the effectiveness of raising a degree of hardness when 0.05 thru/or 0.4-% of the weight Si dissolve into an alloy, for demonstrating such effectiveness, it is necessary to add Si 0.05% of the weight or more into an alloy. On the other hand, when the addition of Si exceeds 0.4 % of the weight, and Si segregates to the old austenite grain boundary, the improvement effectiveness of fatigue strength is not demonstrated. Therefore, the content of Si is made into 0.05 thru/or 0.4 % of the weight.

[0019] Mn(manganese): It is the element which 0.2 thru/or 0.8-% of the weight Mn dissolve into an alloy, and it not only raises a degree of hardness, but raises hardenability, and when metal mold is manufactured with an alloy, hold hardness even to the interior. Moreover, in order to secure sufficient toughness, it is necessary to add Mn 0.2% of the weight or more into an alloy. On the other hand, if Mn is added exceeding 0.8 % of the weight, big and rough MnS used as the origin of fatigue breaking will be formed. Therefore, the content of Mn is made into 0.2 thru/or 0.8 % of the weight.

[0020] Cr(chromium): 6.0% of the weight, 4.0 thru/or in order to raise the hardenability of an alloy and for Cr to secure the degree of hardness inside metal mold while it deposits as carbide and sets a degree of hardness to HRC41 thru/or 45, it is necessary to add it 4.0% of the weight or more into an alloy. On the other hand, when Cr is added exceeding 6.0 % of the weight, big and rough primary carbide deposits and the improvement effectiveness of fatigue strength is not demonstrated. Therefore, the content of Cr is made into 4.0 thru/or 6.0 % of the weight.

[0021] Mo(molybdenum): 1.0 thru/or 3.0-% of the weight Mo deposit carbide more detailed than Cr, and gives high temperature strength required as hot-forging metal mold, and softening resistance to an alloy while it improves hardenability like Cr. In order to demonstrate such effectiveness and to promote microsegregation when adding exceeding 3.0 % of the weight although it is necessary to add Mo into an alloy 1.0% of the weight or more, it will become impossible to contribute to improvement in fatigue strength in any way. Therefore, the content of Mo is made into 1.0 thru/or 3.0 % of the weight.

[0022] V (vanadium):0.3 thru/or 1.0 % of the weight V are added into an alloy 0.3% of the weight or more in

order to form the detailed carbide stabilized until it resulted in the elevated temperature. On the other hand, even if it adds exceeding 1.0 % of the weight, effectiveness hardly goes up but cost only starts. Therefore, the content of V is made into 0.3 thru/or 1.0 % of the weight.

[0023] aluminum(aluminum): 0.005 thru/or 0.040-% of the weight aluminum are mainly required as a deoxidation element at the time of manufacture of steel, and in order to perform the deoxidation effectiveness stably, it is required 0.005% of the weight or more as dissolution aluminum. On the other hand, if Dissolution aluminum is added exceeding 0.040 % of the weight, inclusion used as the origin of fatigue breaking, such as aluminum $2O_3$ or AlN , will be formed. Therefore, the content of aluminum is made into 0.005 thru/or 0.040 % of the weight.

[0024] By combining with Mn, S (sulfur):0.001 thru/or 0.004 % of the weight S raise machinability. Therefore, although S is added into an alloy 0.001% of the weight or more, when adding exceeding 0.004 % of the weight, big and rough MnS used as the origin of fatigue breaking will be formed. Therefore, the content of S is made into 0.001 thru/or 0.004 % of the weight.

[0025] While the component presentation of an alloy affects fatigue breaking of an alloy as mentioned above, effect also with the big dimension of inclusion, such as a sulfide of Mn or an oxide of aluminum, is done.

Drawing 1 is a microphotography in which the example of an origin of fatigue breaking of metal mold steel (SKD61) is shown, and drawing 2 is the graphical representation showing the effect to which the dimension (it is effective-radius $(ab)^{1/2}$ when setting the major-axis radius of inclusion to a, and setting a minor-axis radius to b) of inclusion is taken along an axis of abscissa, a fatigue life is taken along an axis of ordinate, and the inclusion dimension in metal mold steel (SKD61) exerts alternating stress on a fatigue life under 600MPa(s). It is JIS as shown in drawing 1. The great portion of fatigue breaking of SKD61 or SKT4 is generated with the sulfide of Mn, or the oxide of aluminum as the starting point. Moreover, it turns out that it is effective in improvement in fatigue strength to make these inclusion dimensions reduce from the graphical representation shown in drawing 2. If the effective radius which is this inclusion dimension becomes large exceeding 40 micrometers, fatigue strength will fall-like proportionally. Therefore, as for an inclusion dimension, it is desirable to make it an effective radius set to 40 micrometers or less.

[0026] In addition, the limit about Mn, S, and aluminum is an indispensable condition for satisfying a limit of said inclusion dimension especially in the component range mentioned above. Moreover, since fatigue strength falls remarkably when the fatigue crack on the basis of inclusion spreads the grain boundary in a host phase, the limit of the amount of Si which controls this destructive mode promotion is important.

[0027] Although toughness and softening resistance will fall compared with conventional SKD61 by limit of above Mn or Si, in the alloy steel material used for the forging metal mold concerning this invention, it has the above toughness and softening resistance which SKD61 has by optimizing the amount of Mo.

[0028] Next, the reason for definition of the hardness of the alloy steel material after hardening and tempering processing is explained.

[0029] If a degree of hardness is raised about the ingredient of a pure ingredient without the defect of inclusion etc., high ductility, or an inside low degree of hardness, fatigue strength will improve. However, about the alloy steel material of the above high degrees of hardness, since fatigue breaking generates the minute defect of inclusion etc. as an origin, fatigue strength does not improve only by raising a degree of hardness. Therefore, as for said alloy steel material, it is desirable to make it a detailed organization which raises the crack progress resistance from a defect.

[0030] Therefore, after cooling until it considers as an austenite texture at 1000 thru/or the temperature of 1050 degrees C and becomes the temperature of 150 degrees C or less with air blast cooling or oil quenching, temper of the steel used for the forging metal mold concerning this invention is carried out at 550 thru/or the temperature of 650 degrees C, and it adjusts hardness.

[0031] When a degree of hardness is made larger than HRC45 by making to make tempering temperature into low temperature from said range within the limits of said heat treatment conditions, or tempering time amount into a short time, a deposit of the spherical detailed carbide which gives resistance of crack progress cannot fully take place, and cannot raise fatigue strength.

[0032] Since needlelike big and rough carbide deposits along with a martensite leaf and this serves as a precedence path of crack progress when a degree of hardness is set to 41 or less HRC by making temperature of annealing into an elevated temperature from said range, or on the other hand making tempering time amount into long duration, fatigue strength will fall.

[0033] Therefore, the hardness of the steel used for the forging metal mold concerning this invention is limited to HRC41 thru/or 45 which can deposit the spherical detailed carbide most effective in improvement in crack progress resistance.

[0034] In addition, drawing 3 is a microphotography in which the hardness of the steel used for the forging metal mold concerning this invention and the configuration of deposit carbide are shown, and drawing 3 (a) is a microphotography which HRC43 and (c) show the organization of the alloy steel material which is HRC45 as for HRC40 and (b). In this drawing 3, it is observed by HRC40 that carbide with needlelike carbide spherical at HRC43 has few deposits of carbide HRC45. Therefore, it turns out that needlelike big and rough carbide deposits when the degree of hardness of alloy steel material is smaller than HRC41, spherical carbide deposits when it is HRC41 thru/or 45, and a deposit of carbide decreases when larger than HRC45.

[0035] Next, the processing approach of metal mold finishing after diesinking is explained.

[0036] Since it almost generates in the R section of cavity (diesinking section) **** which is the part which

stress concentration generates, the fatigue crack of metal mold can raise the fatigue strength of alloy steel material by giving the beforehand suitable compressive residual stress for this part.

[0037] First, a press machine is used, and a load is covered with the application-of-pressure implement which has radius of curvature smaller than that corner radius in the corner R section of a cavity, and plastic working is performed so that the total distortion of the corner section front face at this time may become 5% or less.

As for the increment in the compressive-residual-stress value produced even if it covers a load across said range, slightly, a detailed crack may occur and fatigue strength may fall to reverse. Therefore, the total distortion of a corner section front face performs plastic working so that it may become 5% or less.

[0038] In addition, about the load load for making total distortion into 5% or less, it is possible to ask for the corner section analytically with the finite element method etc. Moreover, it is also possible to determine by surveying surface distortion of the corner section by X-ray half-peak-width measurement etc.

[0039] Moreover, even if the processing approach mentioned above can be given only about the steel used for the forging metal mold concerning this invention, applying to metal mold steel widely is possible and it is such a case, the fatigue strength of metal mold steel can be improved.

[0040]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained as compared with the example of a comparison from which it separates from the claim of this invention.

The 1st example following table 1 displays the chemical entity and hardness of trial steel concerning this example with weight % and HRC hardness, respectively. In addition, in order to give the facilities of the comparison with an example and the example of a comparison to the upper part of this table 1, the range and degree of hardness of each component of metal mold steel which are the claim of this invention are indicated.

[0041]

[A table 1]

化学成分		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Al	S	硬さ
請求 範囲	下限	0.25	0.05	0.2	—	4.00	1.00	0.30	0.005	0.001	41
	上限	0.45	0.60	0.8	—	6.00	3.00	1.00	0.040	0.004	45
実 施 例	1	0.41	0.32	0.47	—	5.05	1.65	0.60	0.010	0.003	43
	2	0.40	0.32	0.47	—	5.16	2.00	0.59	0.022	0.004	43
	3	0.42	0.20	0.43	—	5.01	2.45	0.58	0.022	0.003	43
比 較 例	4	0.41	0.32	0.47	—	5.05	1.65	0.60	0.010	0.003	40
	5	0.41	0.32	0.47	—	5.05	1.65	0.60	0.010	0.003	46
	6	0.41	0.31	0.46	—	5.20	1.61	0.60	0.041	0.003	43
	7	0.41	0.30	0.45	—	4.99	1.57	0.55	0.016	0.007	43
	8	0.42	0.31	0.82	—	5.13	1.63	0.58	0.015	0.004	43
	SKD61	0.39	0.99	0.47	—	5.19	1.25	0.61	0.042	0.005	43
	SKT4	0.54	0.28	0.78	1.50	1.14	0.34	0.18	0.041	0.005	43

[0042] Moreover, the result of 107 times of rotary bending fatigue strength is shown in the following table 2 to each trial steel of a publication at the above-mentioned table 1. The examples 6, 7, and 8 of a comparison for which aluminum, S, or Mn deviates from the limit range have fatigue strength clearly lower than this table 2 compared with examples 1-3. moreover — even if the component of trial steel is the limit range — a degree of hardness — a limit — also in the examples 4 and 5 of a comparison out of range, fatigue strength is low. Furthermore, JIS Also about SKD61 and SKT4, fatigue strength is quite low compared with this example.

[0043]

[A table 2]

試験鋼		疲労強度 (MPa)
実施例	1	570
	2	572
	3	575
比較例	4	460
	5	490
	6	485
	7	505
	8	515
	SKD61	440
	SKT4	435

[0044] The alloy steel used for the forging metal mold concerning this invention, i.e., the trial steel of the example 1 in the 1st example, was adopted as the forging metal mold of the arm made from an aluminum alloy as axle part components of the 2nd example automobile, and various application-of-pressure processings were performed to the corner R section of a cavity bottom. The mold life in this case is shown in the following table 3. Moreover, in order to compare with the metal mold steel concerning this invention, the mold life of SKD61 was also indicated to a table 3.

[0045]

[A table 3]

金型番号	実施例及び比較例	キャピティコーナー部 加圧時の全歪(%)	金型寿命 (ショット)
A	実施例 1	0 (加工なし)	21000
B		2 本発明範囲	30000
C		8 発明範囲外	18000
D	SKD61	0 (加工なし)	15000

[0046] As for the metal mold A of the alloy steel used for the forging metal mold concerning this invention, from the above-mentioned table 3, a mold life understands a ***** clearly compared with the metal mold D made from SKD61. Moreover, even if the component of alloy steel is the same, when application-of-pressure processing is performed by the manufacture approach of the forging metal mold concerning this invention, it also turns out that a mold life can be further raised compared with the case where it is not processed.

[0047]

[Effect of the Invention] According to [as explained above] this invention, it is conventional JIS. A manufacturing cost is low like the hot-forging metal mold of SKT4 or the product made from SKD61, and the forging metal mold in which the endurance which can be manufactured was excellent under good work environment as compared with such conventional metal mold can be obtained.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the microphotography in which the origin of fatigue breaking of the metal mold steel made from SKD61 is shown.

[Drawing 2] The inclusion dimension in the metal mold steel made from SKD61 is the graphical representation showing the effect affect a fatigue life.

[Drawing 3] It is the microphotography in which the configuration of another deposit carbide is shown in the hardness of metal mold steel.

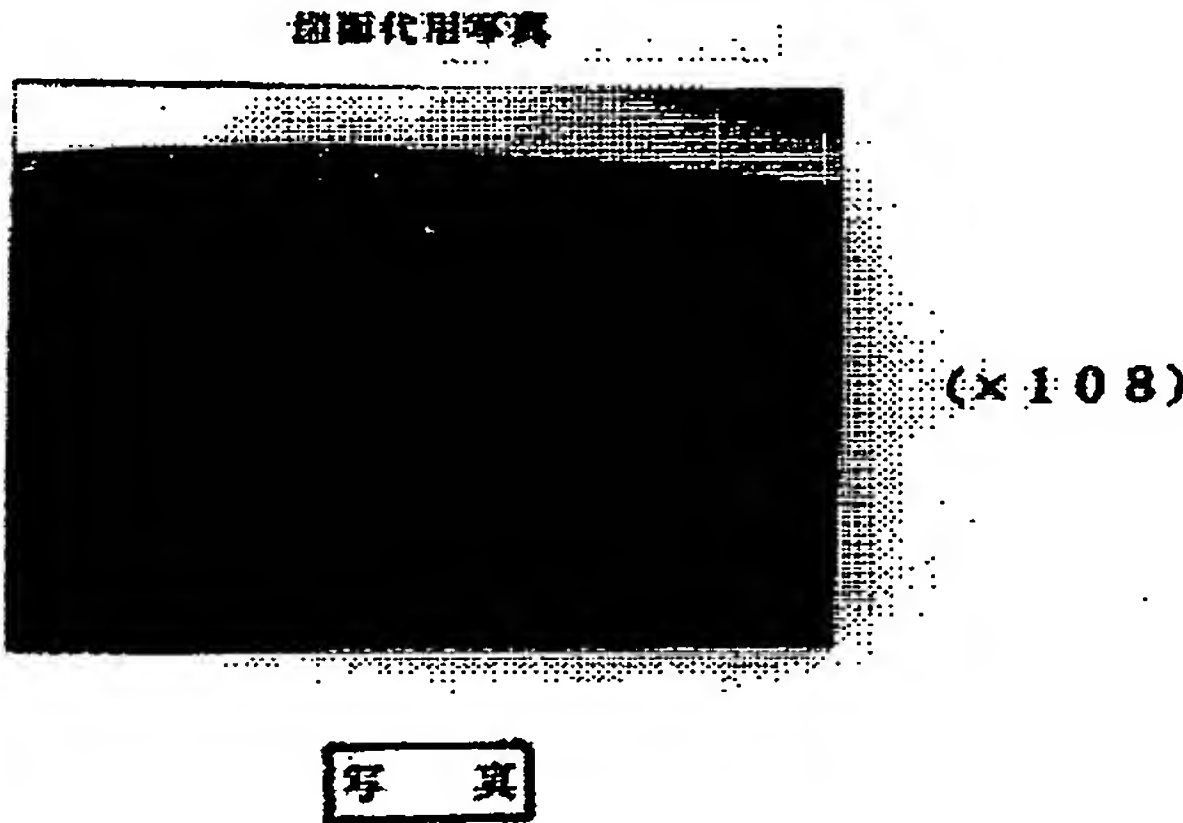
[Translation done.]

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 2 E			
	3 0 1 H			
B 2 1 J 13/02	L			
	G			
C 2 2 C 38/24				
審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 9 頁)				

(21)出願番号	特願平7-15527	(71)出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
(22)出願日	平成7年(1995)1月4日	(71)出願人	000231165 日本高周波鋼業株式会社 東京都千代田区大手町1丁目7番2号
		(72)発明者	横幕 俊典 兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
		(72)発明者	杵淵 雅男 兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
		(74)代理人	弁理士 藤巻 正憲
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 鍛造金型及びその製造方法

(57)【要約】
【目的】 従来のJ I S S K T 4又はS K D 6 1製の熱間鍛造金型と同様に製造コストが低く、これらの従来の金型と比較して良好な作業環境下において製造可能な耐久性が優れた鍛造金型及びその製造方法を提供する。
【構成】 鍛造金型は、Cを0. 2 5乃至0. 4 5重量%、S iを0. 0 5乃至0. 6重量%、M nを0. 2乃至0. 8重量%、C rを4. 0乃至6. 0重量%、M oを1. 0乃至3. 0重量%、Vを0. 3乃至1. 0重量%、A lを0. 0 0 5乃至0. 0 4 0重量%及びSを0. 0 0 1乃至0. 0 0 4重量%含有し、残部がF e及び不可避免的不純物からなる。また、硬さがH R C 4 1～4 5であることが好ましい。また、鍛造金型の製造方法は、前記成分組成を有する金型を、形彫りした後、その金型の形彫り面の丸みを有するコーナー部に、そのコーナー半径より小さい曲率半径を有する加圧具を使用して表面の相当全歪が5 %以下となる塑性加工を施す。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 C：0.25乃至0.45重量%、Si：0.05乃至0.6重量%、Mn：0.2乃至0.8重量%、Cr：4.0乃至6.0重量%、Mo：1.0乃至3.0重量%、V：0.3乃至1.0重量%、Al：0.005乃至0.040重量%及びS：0.001乃至0.004重量%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物であることを特徴とする鍛造金型。

【請求項2】 硬さがHRC41乃至45であることを特徴とする請求項1に記載の鍛造金型。

【請求項3】 C：0.25乃至0.45重量%、Si：0.05乃至0.6重量%、Mn：0.2乃至0.8重量%、Cr：4.0乃至6.0重量%、Mo：1.0乃至3.0重量%、V：0.3乃至1.0重量%、Al：0.005乃至0.040重量%及びS：0.001乃至0.004重量%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物である組成を有する金型を形彫りする工程と、前記金型の形彫り面の丸みを有するコーナー部に、そのコーナー半径より小さい曲率半径を有する加圧具を使用して表面の全歪が5%以下となる塑性加工を施す工程とを有することを特徴とする鍛造金型の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は自動車又は家電機器等に使用される複雑な形状をしたアルミニウム部品を鍛造するのに好適の耐久性が優れた鍛造金型及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、薄鋼板を使用して冷間プレス成形している自動車サスペンション部品は、軽量化の要求から次第にアルミニウム材を使用して製造されるようになってきた。アルミニウム部品は、一般的にコスト面から一工程で製造可能である鑄造により製造されることが多いが、部品の強度及び信頼性の要求が高まり、また複雑な形状部品においては鑄造欠陥が発生する場合もあり、近時、アルミニウム部品は鍛造により製造されることが多くなっている。

【0003】ところで、鍛造工程において使用される鍛造金型には、熱間工具鋼として一般的なJIS SKT4（C：0.55%、Si：0.25%、Mn：0.75%、Ni：1.7%、Cr：0.9%、Mo：0.4%）又はSKD61（C：0.4%、Si：1.0%、Mn：0.4%、Cr：5.0%、Mo：1.3%、V：1.0%）等が使用されている。しかしながら、前記アルミニウム部品の鍛造においては、部品の形状が複雑であるために、大きな応力集中が作用する金型コーナー部の丸みが設けられた所謂R部において、早期に疲労亀裂が入ってしまい、十分な耐久性能を期待することができない。

【0004】そこで、疲労耐久性の向上を目的として、

合金にMn、Ni、Cu、Mo、W、V又はCo等の元素を添加したり、またはこれを増量することにより、固溶強化又は炭化物析出強化を図る技術が提案されている。また、合金にAl、Ti、Zr又はNb等の微量元素を添加することにより微細炭窒化物の析出強化を図ることも試みられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前者の高合金化技術では、製造コストが上昇すると共に、韌性の低下により上記のような大きな応力集中が作用する金型については大割れが発生する場合があります、必ずしも好ましい技術とはいえない。また、ミクロ偏析が生じやすく、硬さ等の静的強度については向上が見られるものの、静的強度の向上と比較して疲労強度についてはあまり向上は見られない。

【0006】一方、後者の微量元素の添加による析出強化技術については、酸化物又は窒化物系介在物の増加により、それらが疲労破壊の起点になりやすく疲労強度の向上には殆ど貢献しない。

【0007】ところで、一般に疲労強度は硬さの上昇と共に向上するため、例えばSKD61の場合は、焼入れ焼戻しにより硬度がHRC45乃至50程度の比較的硬い工具として使用されている。しかし、硬度の上昇は切り欠き感受性を増加してしまうため、材料中に含まれる介在物又は金型の応力集中部の存在により、必ずしも疲労強度の向上が得られない場合がある。従って、金型の微小欠陥及び応力集中の存在を考慮すると共に、硬度の最適化を図る必要があるが、これらの点に関して何ら明確な知見が得られていない。

【0008】また、金型の疲労耐久性の向上のために、型彫り面にショットピーニング又はショットブラストを施すことがしばしば行われるが、これらの処理により金型表面が荒れたり、また表面が切削されて寸法精度が低下してしまうという欠点がある。そのため、金型の再仕上げ加工が必要となり、製造コストが上昇するのみならず、加工時間もかかってしまう。その上、粉塵が発生するために作業環境が悪化してしまうという問題点もある。

【0009】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、従来のJIS SKT4又はSKD61製の熱間鍛造金型と同様に製造コストが低く、この従来の熱間鍛造金型よりも、良好な作業環境下において製造可能であって、耐久性が向上した鍛造金型及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る鍛造金型は、C：0.25乃至0.45重量%、Si：0.05乃至0.6重量%、Mn：0.2乃至0.8重量%、Cr：4.0乃至6.0重量%、Mo：1.0乃至3.0重量%、V：0.3乃至1.0重量%、Al：0.00

5乃至0.040重量%及びS:0.001乃至0.004重量%を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物であることを特徴とする。また、硬さがHRC41乃至45であることが好ましい。

【0011】本発明に係る鍛造金型の製造方法は、C:0.25乃至0.45重量%、Si:0.05乃至0.6重量%、Mn:0.2乃至0.8重量%、Cr:4.0乃至6.0重量%、Mo:1.0乃至3.0重量%、V:0.3乃至1.0重量%、Al:0.005乃至0.040重量%及びS:0.001乃至0.004重量%を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物である組成を有する金型を形彫りする工程と、前記金型の形彫り面の丸みを有するコーナー部に、そのコーナー半径より小さい曲率半径を有する加圧具を使用して表面の全歪が5%以下となる塑性加工を施す工程とを有することを特徴とする。

【0012】

【作用】本願発明者等はJIS SKT4及びSKD61製の金型の疲労耐久性に大きな影響を与えている材料的及び力学的因子を詳細に検討した。その結果、金型が優れた耐久性を有するために、先ず、材料としては、金型の鋼中に含まれる微小な介在物の寸法を縮小させることが最も効果的であることを知見した。そして、このような条件を満足する合金成分を見出した。

【0013】また、熱処理条件としては、金型の微細組織の検討より、たとえ介在物が存在する場合であっても、介在物の影響力が少ない、即ち介在物感受性が小さい熱処理硬さがあることを知見した。

【0014】更に、加工条件としては、金型に疲労亀裂が入る応力集中部にのみ加圧加工することによって、疲労強度を向上させることとなる加工硬化及び圧縮残留応力の双方を金型に付与することができることを知見した。

【0015】以上のように、金型の疲労耐久性を向上させる3つの側面、即ち材料面、熱処理面及び加工面について上述のような特性改善があり、これらの特性のいずれか一つ又は二つ以上を採用することにより、従来のJIS SKT4又はSKD61製の熱間鍛造金型と比較して、製造コストの上昇をもたらすことなく、金型の疲労耐久性を向上させることができる。

【0016】次に、本発明に係る鍛造金型の成分添加理由及び組成限定理由について説明する。

【0017】C(炭素):0.25乃至0.45重量%
Cはマルテンサイト中に固溶しており、Mo、Cr又はV等の他の添加元素と結合することにより炭化物として析出し、合金の硬さをより強固なものとする効果がある。そして、合金の硬さをHRC41乃至45とするためには、Cを0.25重量%以上合金に添加する必要がある。一方、Cを0.45重量%を超えて添加すると、靱性が低下すると共に複雑形状の金型に大割れが発生す

る場合があり、また溶接補修時に割れが生じやすくなる。従って、Cの含有量は0.25乃至0.45重量%とする。

【0018】Si(シリコン):0.05乃至0.4重量%

Siは合金に固溶することにより、硬度を上昇させる効果を有するが、このような効果を発揮するにはSiを合金に0.05重量%以上添加する必要がある。一方、Siの添加量が0.4重量%を超える場合、Siが旧オーステナイト粒界に偏析することにより、疲労強度の向上効果が発揮されない。従って、Siの含有量は0.05乃至0.4重量%とする。

【0019】Mn(マンガン):0.2乃至0.8重量%

Mnは合金に固溶して硬度を上昇させるのみならず、焼入れ性を向上させる元素であり、合金により金型を製造した場合、その内部にまで硬さを保持する。また、十分な靱性を確保するためには、合金にMnを0.2重量%以上添加する必要がある。一方、Mnを0.8重量%を超えて添加すると、疲労破壊の起点となる粗大なMnSを形成してしまう。従って、Mnの含有量は0.2乃至0.8重量%とする。

【0020】Cr(クロム):4.0乃至6.0重量%

Crは炭化物として析出し、硬度をHRC41乃至45とすると共に、合金の焼入れ性を向上させて金型内部の硬度を確保するため、合金に4.0重量%以上添加する必要がある。一方、Crが6.0重量%を超えて添加される場合は、粗大な1次炭化物が析出し、疲労強度の向上効果が発揮されない。従って、Crの含有量は4.0乃至6.0重量%とする。

【0021】Mo(モリブデン):1.0乃至3.0重量%

MoはCrと同様に焼入れ性を向上すると共に、Crより微細な炭化物を析出し、熱間鍛造金型として必要な高温強度及び軟化抵抗を合金に与える。このような効果を発揮するには、Moを1.0重量%以上合金に添加する必要があるが、3.0重量%を超えて添加する場合、ミクロ偏析を助長するため、疲労強度の向上に何ら貢献できなくなってしまう。従って、Moの含有量は1.0乃至3.0重量%とする。

【0022】V(バナジウム):0.3乃至1.0重量%

Vは高温に至るまで安定した微細炭化物を形成するため、0.3重量%以上合金に添加する。一方、1.0重量%を超えて添加しても効果は殆ど上がらず、コストがかかるだけである。従って、Vの含有量は0.3乃至1.0重量%とする。

【0023】Al(アルミニウム):0.005乃至0.040重量%

Alは主に鋼の製造時において、脱酸元素として必要で

あり、脱酸効果を安定的に行うためには固溶Alとして0.005重量%以上必要である。一方、固溶Alが0.040重量%を超えて添加されると、疲労破壊の起点となる Al_2O_3 又はAlN等の介在物を形成してしまう。従って、Alの含有量は0.005乃至0.040重量%とする。

【0024】S(硫黄):0.001乃至0.004重量%

SはMnと結合することにより、被削性を向上させる。そのため、Sを0.001重量%以上合金に添加するが、0.004重量%を超えて添加する場合は、疲労破壊の起点となる粗大なMnSを形成してしまう。従って、Sの含有量は0.001乃至0.004重量%とする。

【0025】以上のように合金の成分組成が合金の疲労破壊に影響を及ぼすと共に、Mnの硫化物又はAlの酸化物等の介在物の寸法もまた大きな影響を及ぼす。図1は金型鋼(SK D61)の疲労破壊の起点例を示す顕微鏡写真であり、図2は横軸に介在物の寸法(介在物の長軸半径をa、短軸半径をbとしたときの等価半径($a \cdot b$)^{1/2}である)をとり、縦軸に疲労寿命をとって、応力振幅を600MPaの下で、金型鋼(SK D61)における介在物寸法が疲労寿命に及ぼす影響を示すグラフ図である。図1に示すようにJIS SK D61又はSK T4の疲労破壊の大半は、Mnの硫化物又はAlの酸化物を起点にして発生している。また、図2に示すグラフ図からこれらの介在物寸法を縮小させることが、疲労強度の向上に有効であることがわかる。この介在物寸法である等価半径が40μmを超えて大きくなると、比例的に疲労強度が低下してしまう。従って、介在物寸法は等価半径が40μm以下となるようにすることが好ましい。

【0026】なお、上述した成分範囲の中で特にMn、S、Alに関する制限は前記介在物寸法の制限を満足させるための必須条件である。また、介在物を起点とした疲労亀裂が母相中の粒界を伝播する場合、疲労強度が著しく低下してしまうため、この破壊モード発生を抑制するSi量の制限は重要である。

【0027】前記のようなMn又はSiの制限により従来のSK D61に比べて靱性及び軟化抵抗が低下してしまうが、本発明に係る鍛造金型に使用される合金鋼材においては、Mo量を最適化することにより、SK D61が有する以上の靱性及び軟化抵抗を有する。

【0028】次に、焼入れ及び焼戻し処理後の合金鋼材の硬さの限定理由について説明する。

【0029】介在物等の欠陥がない清浄な材料又は高延性若しくは中低硬度の材料については硬度を上昇させれば疲労強度は向上する。しかしながら、上述のような高硬度の合金鋼材については、疲労破壊は介在物等の微小欠陥を起点として発生するため、単に硬度を上昇させる

だけでは、疲労強度は向上しない。従って、前記合金鋼材は欠陥からの亀裂進展抵抗を高めるような微細組織にすることが好ましい。

【0030】従って、本発明に係る鍛造金型に使用される鋼材は1000乃至1050℃の温度でオーステナイト組織とし、衝風冷却又は油冷によって150℃以下の温度になるまで冷却した後、550乃至650℃の温度で焼戻して硬さの調整を行う。

【0031】前記熱処理条件の範囲内において、焼戻し温度を前記範囲より低温とすること又は焼戻し時間を短時間とすることにより硬度をHRC45より大きくした場合には、亀裂進展の抵抗を付与する球状微細炭化物の析出が十分には起こらず、疲労強度を向上させることができない。

【0032】一方、焼戻しの温度を前記範囲より高温としたり、焼戻し時間を長時間とすることにより硬度をHRC41以下にした場合には、針状の粗大な炭化物がマルテンサイト葉に沿って析出し、これが亀裂進展の優先経路となるため、疲労強度は低下してしまう。

【0033】従って、本発明に係る鍛造金型に使用される鋼材の硬さを、亀裂進展抵抗の向上に最も有効な球状微細炭化物を析出させることが可能であるHRC41乃至45に限定する。

【0034】なお、図3は本発明に係る鍛造金型に使用される鋼材の硬さ及び析出炭化物の形状を示す顕微鏡写真であり、図3(a)はHRC40、(b)はHRC43、(c)はHRC45である合金鋼材の組織を示す顕微鏡写真である。この図3において、HRC40では針状の炭化物が、HRC43では球状の炭化物が、HRC45では炭化物の析出が少ないことが観察される。従って、合金鋼材の硬度がHRC41より小さい場合は針状の粗大な炭化物が析出し、HRC41乃至45の場合は球状の炭化物が析出し、HRC45より大きい場合は炭化物の析出が少なくなることがわかる。

【0035】次に、型彫り後の金型仕上げの加工方法について説明する。

【0036】金型の疲労亀裂は応力集中が発生する部分であるキャビティ(型彫り部)底のR部において殆ど発生するため、この部分に予め適切な圧縮残留応力を与えることにより合金鋼材の疲労強度を向上させることができる。

【0037】まず、プレス機を使用して、キャビティのコーナーR部に、そのコーナー半径よりも小さい曲率半径を有する加圧具により負荷をかけ、このときのコーナー部表面の全歪が5%以下となるように塑性加工を施す。前記範囲を超えて負荷をかけても生じる圧縮残留応力値の増加は僅かであり、また微細な亀裂が発生して逆に疲労強度が低下してしまう場合がある。従って、コーナー部表面の全歪は5%以下となるように塑性加工を施す。

【0038】なお、全歪を5%以下とするための負荷荷重については、コーナー部を有限要素法等により解析的に求めることが可能である。また、X線半価幅測定等によりコーナー部の表面歪を実測することにより決定することも可能である。

【0039】また、上述した加工方法は本発明に係る鍛造金型に使用される鋼材についてのみ施すことが可能であるものではなく、広く金型鋼材に適用することが可能であり、そのような場合であっても金型鋼材の疲労強度を向上することができる。

【0040】

*【実施例】以下、本発明の実施例について、本発明の特許請求の範囲から外れる比較例と比較して説明する。

第1実施例

下記表1は本実施例に係る試験鋼の化学成分及び硬さを夫々重量%及びHRC硬さで表示したものである。なお、この表1の上部には実施例及び比較例との比較の便宜を図るため、本発明の特許請求の範囲である金型鋼の各成分の範囲及び硬度について記載している。

【0041】

【表1】

化学成分		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Al	S	硬さ
請求 範囲	下限	0.25	0.05	0.2	—	4.00	1.00	0.30	0.005	0.001	41
	上限	0.45	0.60	0.8	—	6.00	3.00	1.00	0.040	0.004	45
実 施 例	1	0.41	0.32	0.47	—	5.05	1.65	0.60	0.010	0.003	43
	2	0.40	0.32	0.47	—	5.16	2.00	0.59	0.022	0.004	43
	3	0.42	0.20	0.43	—	5.01	2.45	0.58	0.022	0.003	43
比 較 例	4	0.41	0.32	0.47	—	5.05	1.65	0.60	0.010	0.003	40
	5	0.41	0.32	0.47	—	5.05	1.65	0.60	0.010	0.003	46
	6	0.41	0.31	0.46	—	5.20	1.61	0.60	0.041	0.003	43
	7	0.41	0.30	0.45	—	4.99	1.57	0.55	0.016	0.007	43
	8	0.42	0.31	0.82	—	5.13	1.63	0.58	0.015	0.004	43
	SKD61	0.39	0.99	0.47	—	5.19	1.25	0.61	0.042	0.005	43
	SKT4	0.54	0.28	0.78	1.50	1.14	0.34	0.18	0.041	0.005	43

【0042】また、下記表2には上記表1に記載の各試験鋼に対して10⁷回の回転曲げ疲労強度の結果を示す。この表2より、A1、S又はMnが制限範囲を逸脱する比較例6、7及び8は実施例1～3に比べ、明らかに疲労強度が低い。また、試験鋼の成分が制限範囲であっても、硬度が制限範囲外である比較例4及び5も疲労強度が低くなっている。更に、JIS SKD61及びSKT4についても、本実施例に比べ疲労強度はかなり低いものとなっている。

【0043】

【表2】

試験鋼		疲労強度(MPa)
実 施 例	1	570
	2	572
	3	575
比 較 例	4	460
	5	490
	6	485
	7	505
	8	515
	SKD61	440
	SKT4	435

【0044】第2実施例

自動車の足回り部品としてのアルミニウム合金製アームの鍛造金型に本発明に係る鍛造金型に使用する合金鋼、即ち、第1実施例における実施例1の試験鋼を採用し、キャビティ底のコーナR部に種々の加圧加工を施した。

この場合の金型寿命を下記表3に示す。また、本発明に

係る金型鋼と比較するため、SKD61の金型寿命につ * 【0045】
いても表3に記載した。 * 【表3】

金型番号	実施例及 び比較例	キャピティコーナ一部 加圧時の全歪(%)	金型寿命 (ショット)
A	実施例 1	0 (加工なし)	21000
B		2 本発明範囲	30000
C		8 発明範囲外	18000
D	SKD61	0 (加工なし)	15000

【0046】上記表3より、本発明に係る鍛造金型に使用する合金鋼の金型AはSKD61製の金型Dに比べ、金型寿命が明らかに長いことがわかる。また、合金鋼の成分が同じであっても、本発明に係る鍛造金型の製造方法により加圧加工を施した場合は、加工を施さない場合に比べ更に金型寿命を向上させることができることもわかる。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、従来のJIS SKT4又はSKD61製の熱間鍛造金※

※型と同様に製造コストが低く、これらの従来の金型と比較して良好な作業環境下において製造可能である耐久性が優れた鍛造金型を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】SKD61製の金型鋼の疲労破壊の起点を示す顕微鏡写真である。

20 【図2】SKD61製の金型鋼における介在物寸法が疲労寿命に及ぼす影響を示すグラフ図である。

【図3】金型鋼の硬さ別の析出炭化物の形状を示す顕微鏡写真である。

【図1】

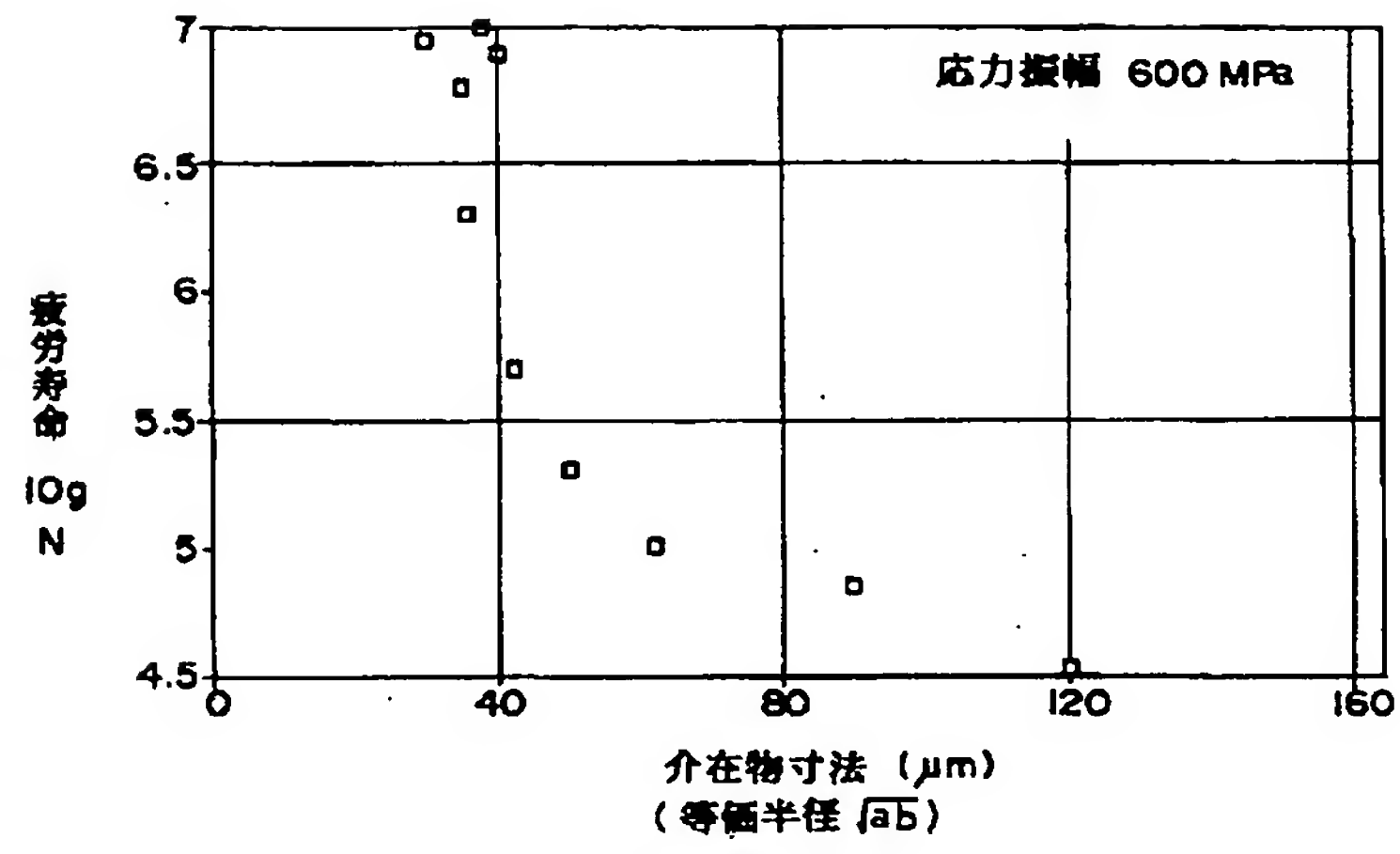
図面代用写真



(×108)

写真

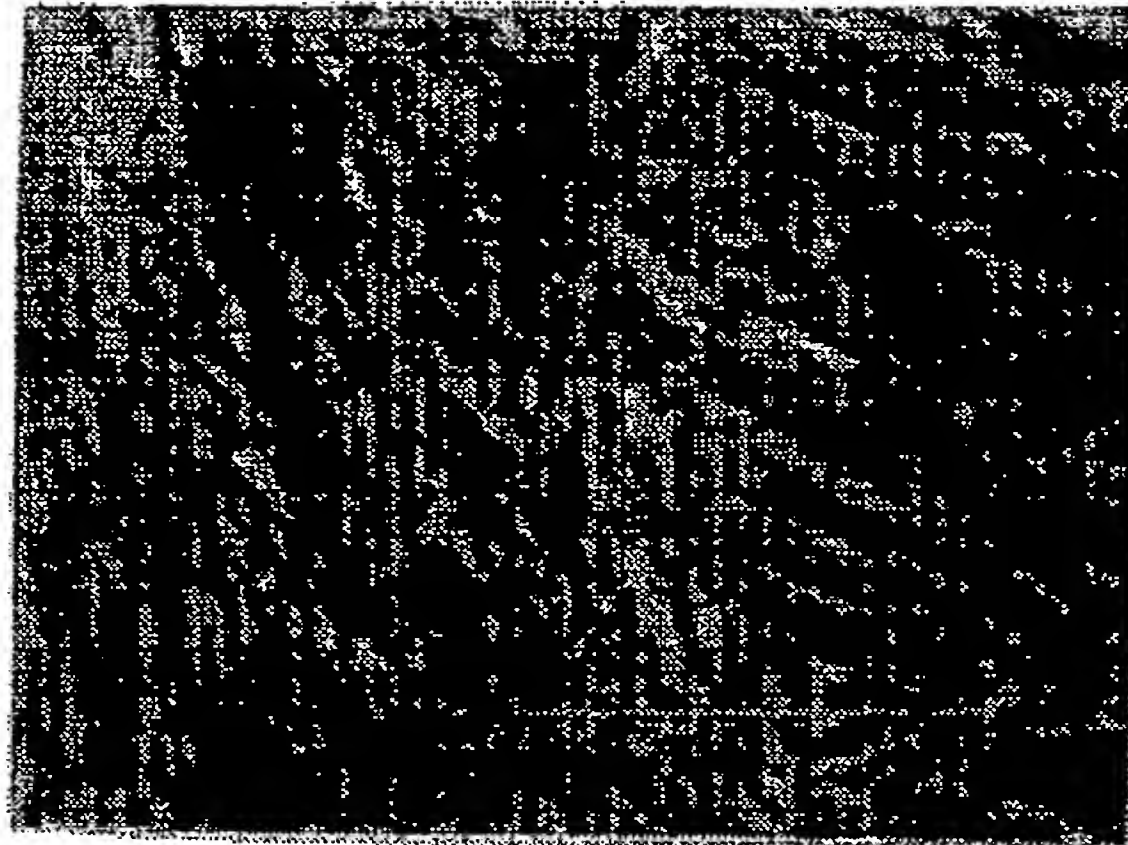
【図2】



【図3】

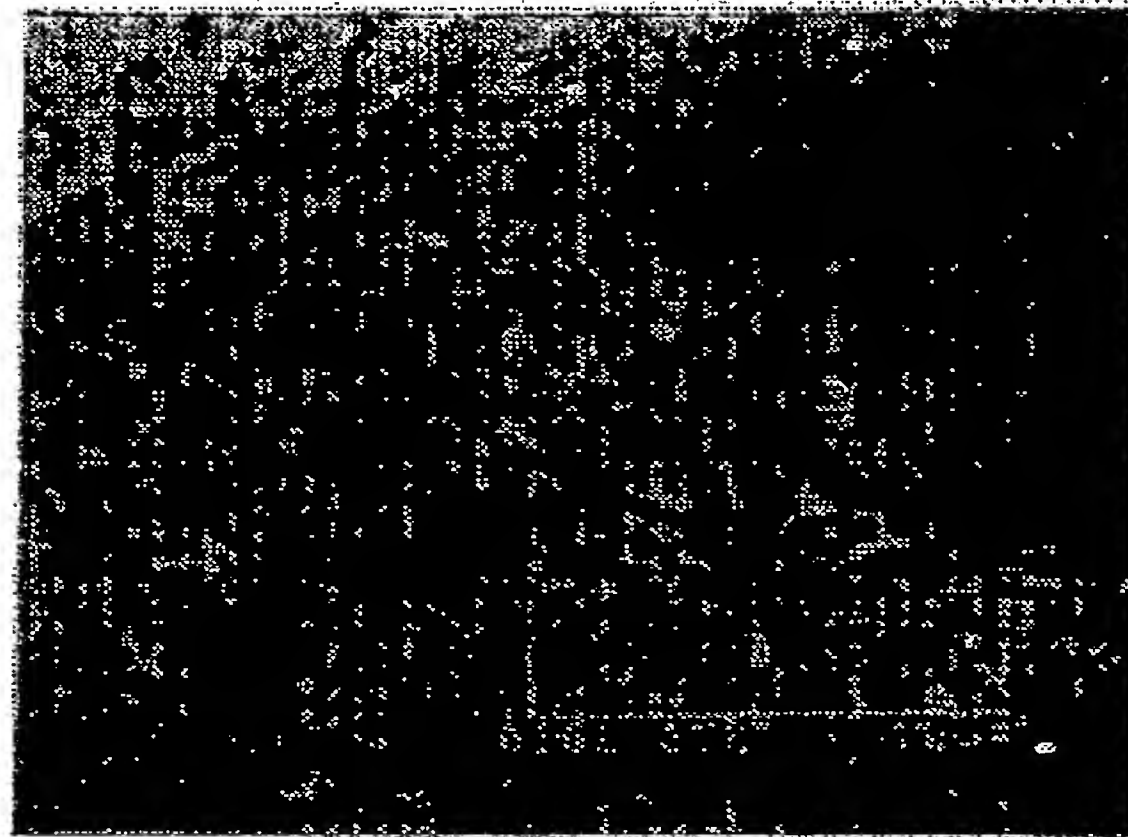
図面代用写真

(a)



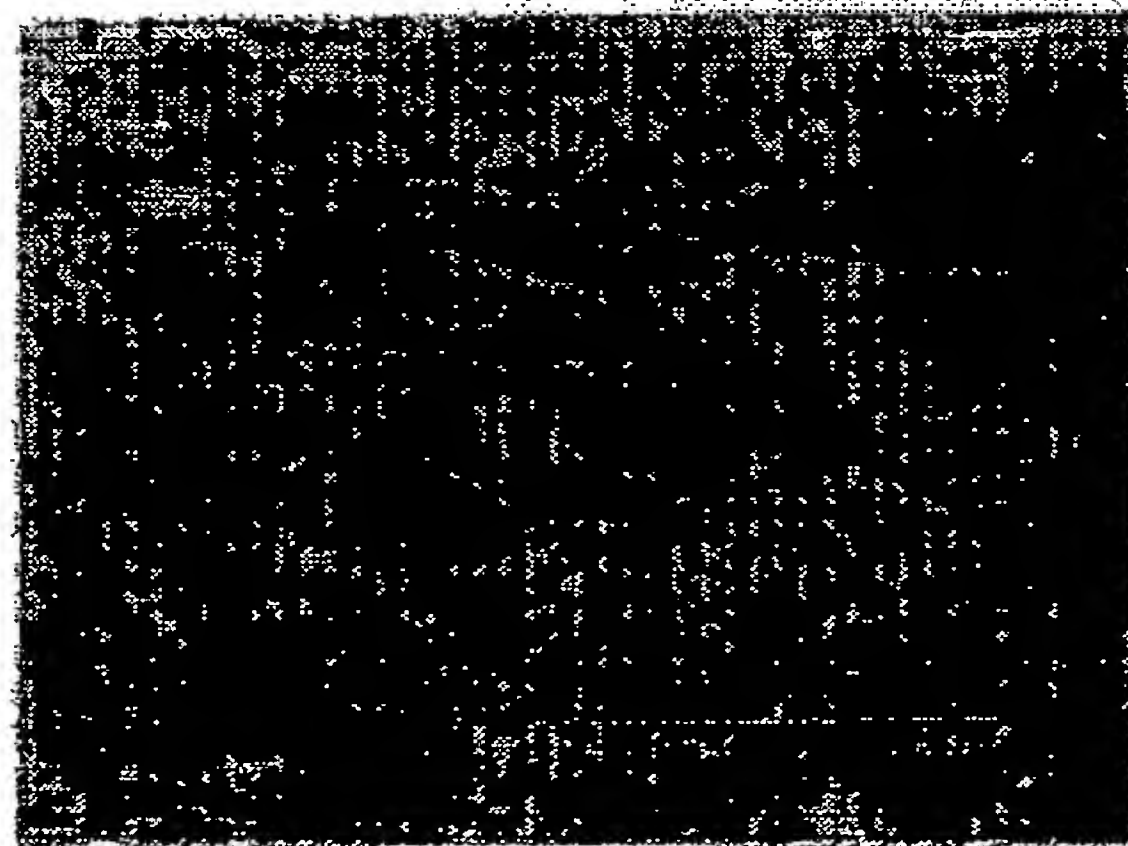
(×3570)

(b)



(×3570)

(c)



(×3570)

写真

フロントページの続き

(72)発明者 竹内 浩二
三重県員弁郡大安町大字梅戸字東山1100番
株式会社神戸製鋼所大安工場内
(72)発明者 堀 洋一
三重県員弁郡大安町大字梅戸字東山1100番
株式会社神戸製鋼所大安工場内

(72)発明者 山下 広
富山県新湊市八幡町 3 丁目10番15号 日本
高周波鋼業株式会社内
(72)発明者 林田 敬一
富山県新湊市八幡町 3 丁目10番15号 日本
高周波鋼業株式会社内
(72)発明者 小高根 正昭
富山県新湊市八幡町 3 丁目10番15号 日本
高周波鋼業株式会社内